

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ
Департман за последипломске студије
Данијелова 32, Београд

ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

Одлуком Већа Департмана за последипломске студије број 4 - 31/2019 од 31.01.2019. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Еве Туба, под називом “Унапређење процесирања медицинских дигиталних слика помоћу алгоритама интелигенције ројева” о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату и докторској дисертацији

Кандидат Ева Туба рођена је 26.02.1991. године у Њујорку, САД. Основну школу завршила је у Београду као ђак генерације. Успешно је учествовала на општинским, регионалним, републичким и савезним такмичењима из математике, физике и информатике. Средње образовање стекла је у Рачунарској гимназији у Београду. Основне студије завршила је на Математичком факултету Универзитета у Београду. Мастер студије завршила је на Факултету за компјутерске науке John Naisbitt универзитета и независно други мастер степен на Математичком факултету Универзитета у Београду. Један семестар мастер студија завршила је на Природно-математичком факултету државног универзитета Lucian Blaga у Сибиу, Румунија, као студент на Ерасмус+ размени.

Од 2016. до 2017. године радила је као асистент на Факултету за компјутерске науке John Naisbitt универзитета на 8 рачунарских и математичких предмета, а од 2017. ради као асистент на Сингидунум универзитету на рачунарским и математичким предметима на српском и енглеском језику.

Активно се бави научно-истраживачким радом и током мастер и докторских студија објавила је у светским часописима и на водећим међународним конференцијама преко 60 радова који су цитирани око 400 пута. Током докторских студија добила је стипендију европског пројекта COST Action CA15140: Improving Applicability of Nature-Inspired Optimisation by Joining Theory and Practice (ImAppNIO) за похађање курса о оптимизационим алгоритмима у Паризу на Сорбона универзитету, а након тога и стипендију за једномесечни истраживачки рад на Факултету за науку и технологију Универзитета у Коимбри, Португал. Резултате овог истраживачког рада презентовала на

специјалној секцији конференције А категорије The Fifteenth International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (PPSN XV) а такође и као један од главних резултата на састанку *COST Action CA15140* одржаном у Малаги, Шпанија. Похађала је летњу школи у Јожеф Стефан Институту у Љубљани у оквиру европског пројекта SYNERGY for Smart Multi-Objective Optimization.

Члан је светских организација у области рачунарства и математике: IEEE, ACM, SIAM, AMS.

Кандидат има следећи објављени рад категорије M23 (2017) чиме је испуњен предуслов за одбрану докторске дисертације:

Tuba, E., Tuba, M., & Dolicanin, E. (2017). Adjusted fireworks algorithm applied to retinal image registration. *Studies in Informatics and Control*, 26(1), 33-42.

Преостали објављени радови:

Списак резултата M10

1. **Tuba, E., Jovanovic, R., Beko, M., Tallon-Ballesteros, A. J., & Tuba, M. (2018).** Bare Bones Fireworks Algorithm for Medical Image Compression, *Lecture Notes in Computer Science: Advance on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, 11315, 262-270. **Springer.**
2. **Tuba, E., Ribic, I., Capor-Hrosik, R., & Tuba, M. (2017).** Support vector machine optimized by elephant herding algorithm for erythemato-squamous diseases detection. *Procedia computer science*, 122, 916-923. **Elsevier.**
3. **Tuba, E., Tuba, M., & Simian, D. (2017).** Support Vector Machine Optimized by Firefly Algorithm for Emphysema Classification in Lung Tissue CT Images, *Computer Science Research Notes: Advances on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision* 2702, 159-166.
4. **Tuba, E., Strumberger, I., Bacanin, N., Zivkovic, D., & Tuba, M. (2019).** Acute Lymphoblastic Leukemia Cell Detection in Microscopic Digital Images Based on Shape and Texture Features. In *10th International Conference on Swarm Intelligence (ICSI'2019)*, submitted in *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Intelligent Systems and Computing*. **Springer.**
5. **Tuba, E., Jovanovic, R., & Tuba, M. (2018).** Multi-Spectral Satellite Image Classification by Bare Bone Fireworks Algorithm, accepted, *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Intelligent Systems and Computing*. **Springer.**
6. **Tuba, E., Strumberger, I., Bacanin, N., & Tuba, M. (2018).** Bare Bones Fireworks Algorithm for Capacitated p-Median Problem. In *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Swarm Intelligence*, 10941, 283-291. **Springer.**
7. **Tuba, E., Capor-Hrosik, R., Alihodzic, A., & Tuba, M. (2017).** Drone placement for optimal coverage by brain storm optimization algorithm. In *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Intelligence Systems and Computing*, 734, 167-176. **Springer.**
8. **Tuba, E., Dolicanin-Djekic, D., Jovanovic, R., Simian, D., & Tuba, M. (2018).** Combined Elephant Herding Optimization Algorithm with K-Means for Data Clustering, *Lecture Notes in Computer Science: Advance on Information and Communication Technology for Intelligent Systems*. 665-673. **Springer**

9. **Tuba, E., Dolicanin, E., & Tuba, M.** (2017). Chaotic brain storm optimization algorithm. In *Lecture Notes in Computer Science: Advance on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, 10585, 551-559. **Springer**
10. **Tuba, E., & Tuba, M.** (2018). Guided Fireworks Algorithm Applied to Multilevel Image Thresholding, *Chapter 2 in Swarm Intelligence Volume 2: Innovation, new algorithms and methods*, 27-58. **IET publisher**
11. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Zivkovic, M. Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2019). Dynamic Search Tree Growth Algorithm for Global Optimization, 10th edition The Advanced Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems (DoCEIS 2019), submitted, **Springer**.
12. **Tuba, E., Tuba, M., & Beko, M.** (2018). Two stage wireless sensor node localization using firefly algorithm. In *Lecture Notes in Network Systems: Smart Trends in Systems, Security and Sustainability*, 18, 113-120. **Springer**
13. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., & Tuba, M. (2019). Modified Moth Search Algorithm for Portfolio Optimization, 3rd International Conference SmartCom 2019, Bangkok, Thailand, accepted, *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Intelligent Systems and Computing*, **Springer**.
14. **Tuba, E., Tuba, M., & Simian, D.** (2016). Handwritten digit recognition by support vector machine optimized by bat algorithm, *Computer Science Research Notes: Advances on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision*, 2602, 369-376.
15. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2019). Modified and Hybridized Monarch Butterfly Algorithms for Multi-Objective Optimization, accepted, *Lecture Notes in Computer Science*, **Springer**.
16. Alihodzic, A., Smajlovic, H., **Tuba, E.**, Hrosik, R. C., & Tuba, M. (2019). Adjusted Artificial Bee Colony Algorithm for the Minimum Weight Triangulation. In *Advances in Intelligent Systems, and Computing: Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms*, 741, 305-317, **Springer**.
17. **Tuba, E., Dolicanin, E., & Tuba, M.** (2017). Guided Fireworks Algorithm Applied to the Maximal Covering Location Problem. In *Lecture Notes in Computer Science: Advance in Swarm Intelligence*, 10385, 501-508. **Springer**
18. **Tuba, E., Tuba, M., Simian, D., & Jovanovic, R.** (2017). JPEG quantization table optimization by guided fireworks algorithm. In *Lecture Notes in Computer Science: Advance on Combinatorial Image Analysis*, 10256, 294-307. **Springer**
19. **Tuba, E., Tuba, M., & Beko, M.** (2016). Support vector machine parameters optimization by enhanced fireworks algorithm. In *Lecture Notes in Computer Science: Advance in Swarm Intelligence*, 9712, 526-534. **Springer**

Списак резултата M20

1. **Tuba, E., Tuba, M., & Dolicanin, E.** (2017). Adjusted fireworks algorithm applied to retinal image registration. *Studies in Informatics and Control*, 26(1), 33-42. **(M23)**
2. Dolicanin, E., Fetahovic, I., **Tuba, E.**, Capor-Hrosik, R., & Tuba, M. (2018). Unmanned combat aerial vehicle path planning by brain storm optimization algorithm. *Studies in Informatics and Control*, 27(1), 15-24. **(M23)**

Списак резултата M50

1. **Tuba, E.**, Capor-Hrosik, R., & Tuba, V. (2017). Performance Analysis of Earthworm Optimization Algorithm for Bound Constrained Optimization Problems. *International Journal of Computers*, 2, 94-98.
2. Tuba, V., Capor-Hrosik, R., & **Tuba, E.** (2017). Forest Fires Detection in Digital Images Based on Color Features. *International Journal of Environmental Science*, 2, 66-70.
3. Magud, O., **Tuba, E.**, & Bacanin, N. (2017). Medical Ultrasound Image Speckle Noise Reduction by Adaptive Median Filter, *WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine*, 14, Art. #6, 38-46.
4. Brajic, M., **Tuba, E.**, & Jovanovic, R. (2016). Overlapping Block-Based Algorithm for Copy-Move Forgery Detection in Digital Images, *International Journal of Computers*, 1, 189-196.
5. **Tuba, E.**, Beko, M., & Tuba, M. (2017). Visible Digital Image Watermarking by Compound Mapping Algorithm. *WSEAS Transactions on Systems*, 16, Art. #11, 76-84.
6. **Tuba, E.**, Jovanovic, R., & Tuba, M. (2017). Plant Diseases Detection Based on Color Features and Kapur's Method, *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 14, Art. #5, 31-39.
7. Joksic, M., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2017). Improved Security of Compound Mapping Algorithm for Image Watermarking, *International Journal of Signal Processing*, 2, 1-6.
8. **Tuba, E.**, Jovanovic, R., & Tuba, M. (2017). Copy-Move Forgery Detection in Digital Images by Reduced Features Overlapping Block-Based Algorithm, *WSEAS Transactions on Signal Processing*, 13, Art. #1, 1-12.
9. Korolija, S., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2016). Medical Magnetic Resonance Image Denoising by Adjusted Non-Local Means Algorithm, *WSEAS Transactions on Systems*, 15, Art. #14, 121-133.
10. Korolija, S., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2016). An Algorithm for Medical Magnetic Resonance Image Non-Local Means Denoising, *International Journal of Signal Processing*, 1, 138-145.
11. Magud, O., **Tuba, E.**, & Bacanin, N. (2016). An algorithm for medical ultrasound image enhancement by speckle noise reduction. *International Journal of Signal Processing*, 1, 146-151.

Списак резултата M30

1. **Tuba, E.**, Tuba, M., & Jovanovic, R. (2017). An algorithm for automated segmentation for bleeding detection in endoscopic images. In *IEEE International Joint Conference on Neural Networks*, (pp. 4579-4586). (Anchorage, Alaska, USA)
2. **Tuba, E.**, Mrkela, L., & Tuba, M. (2017). Retinal blood vessel segmentation by support vector machine classification. In *27th IEEE International Conference Radioelektronika*, (pp. 1-6). (Brno, Czech Republic)
3. Nikolic, M., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2016). Edge detection in medical ultrasound images using adjusted Canny edge detection algorithm. In *24th IEEE Telecommunications Forum (TELFOR)*, (pp. 1-4). (Belgrade, Serbia)
4. Stojak, A., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2016). Framework for abnormality detection in magnetic resonance brain images. In *24th IEEE Telecommunications Forum (TELFOR)*, (pp. 1-4). (Belgrade, Serbia)

5. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Bacanin, N., Zivkovic, D., & Tuba, M. (2019). Brain Storm Optimization Algorithm for Thermal Image Fusion using DCT Coefficients, submitted to *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, (Wellington, New Zealand)
6. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., & Tuba, M. (2019). Dynamic Tree Growth Algorithm for Load Scheduling in Cloud Environments, submitted to *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, (Wellington, New Zealand)
7. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Bacanin, N., Jovanovic, R., & Tuba, M. (2019). Bare Bones Fireworks Algorithm for Feature Selection and SVM Optimization, submitted to *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, (Wellington, New Zealand)
8. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Jovanovic, R., & Tuba, M. (2019). Convolutional Neural Network Architecture Design by the Tree Growth Algorithm Framework, accepted for *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, (Hungary, Budapest)
9. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2018). Bare Bones Fireworks Algorithm for the RFID Network Planning Problem. In *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* - (part of IEEE World Congress on Computational Intelligence) (pp. 1-8). (Rio de Janeiro, Brazil)
10. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Zivkovic, D., Bacanin, N., & Tuba, M. (2018). Mobile Robot Path Planning by Improved Brain Storm Optimization Algorithm. In *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* - (part of IEEE World Congress on Computational Intelligence) (pp. 1-8). (Rio de Janeiro, Brazil)
11. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2018). Hybridized Artificial Bee Colony Algorithm for Constrained Portfolio Optimization Problem. In *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* - (part of IEEE World Congress on Computational Intelligence) (pp. 1-8). (Rio de Janeiro, Brazil)
12. Alihodzic, A., **Tuba, E.**, Simian, D., Tuba, V. & Tuba, M. (2018). Extreme Learning Machines for Data Classification Tuning by Improved Bat Algorithm, *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* - (part of IEEE World Congress on Computational Intelligence) (pp. 1-8) (Rio de Janeiro, Brazil)
13. Alihodzic, A., **Tuba, E.**, & Tuba, M. (2017). An upgraded bat algorithm for tuning extreme learning machines for data classification. In *Proceedings of the ACM Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion (GECCO)* (pp. 125-126). (Berlin, Germany)
14. **Tuba, E.**, Jovanovic, R., Capor Hrosik, R., Alihodzic, A., & Tuba, M. (2018). Web Intelligence Data Clustering by Bare Bone Fireworks Algorithm Combined with K-Means. In *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics* (p. 7:1-7:8). (Novi Sad, Serbia)
15. **Tuba, E.**, Tuba, M., & Simian, D. (2016). Range based wireless sensor node localization using bat algorithm. In *Proceedings of the 13th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks* (pp. 41-44). (Valletta, Malta)
16. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Zivkovic, M. Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2019). Designing Convolutional Neural Network Architecture by the Firefly Algorithm, International Young Engineers Forum (YEF-ECE), IEEE, 2019. (Caparica, Portugal)
17. **Tuba, E.**, Tuba, M., & Simian, D. (2016). Wireless sensor network coverage problem using modified fireworks algorithm. In *Proceedings of IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference*, (pp. 696-701). (Paphos, Cyprus)
18. **Tuba, E.**, Tuba, M., & Simian, D. (2016). Adjusted bat algorithm for tuning of support vector machine parameters. In *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, (pp. 2225-2232). (Vancouver, Canada)

19. **Tuba, E.**, Tuba, M., & Beko, M. (2016). Node localization in ad hoc wireless sensor networks using fireworks algorithm. In *5th IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, (pp. 223-229). (Marrakech, Morocco)
20. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Dolicanin, E., Bacanin, N., & Tuba, M. (2018). Rigid Image Registration by Bare Bones Fireworks Algorithm, *6th IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, (pp. 1-6). (Rabat, Morocco).
21. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M. & Tuba, M. (2018). Modified Monarch Butterfly Optimization Algorithm for RFID Network Planning, *6th IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, (pp. 1-6). (Rabat, Morocco)
22. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2018). Monarch butterfly optimization algorithm for localization in wireless sensor networks. In *28th IEEE International Conference Radioelektronika*, (pp. 1-6). (Prague, Czech Republic)
23. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Bacanin, N., Zivkovic, D., & Tuba, M. (2018). Cooperative clustering algorithm based on brain storm optimization and K-means. In *28th IEEE International Conference Radioelektronika*, (pp. 1-5). (Prague, Czech Republic)
24. **Tuba, E.**, Tuba, I., Dolicanin-Djekic, D., Alihodzic, A., & Tuba, M. (2018). Efficient drone placement for wireless sensor networks coverage by bare bones fireworks algorithm. In *6th IEEE International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)*, (pp. 1-5). (Antalya, Turkey)
25. **Tuba, E.**, Simian, D., Dolicanin, E., Jovanovic, R., & Tuba, M. (2018). Energy Efficient Sink Placement in Wireless Sensor Networks by Brain Storm Optimization Algorithm. In *14th IEEE International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 718-723). (Limassol, Cyprus)
26. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2018). Wireless Sensor Network Localization Problem by Hybridized Moth Search Algorithm. In *14th IEEE International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 316-321). (Limassol, Cyprus)
27. **Tuba, E.**, Dolicanin, E., & Tuba, M. (2018). Water Cycle Algorithm for Robot Path Planning. *10th IEEE International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI 2018)*, 10(1), (pp. 1-6). (Iasi, Romania)
28. **Tuba, E.**, Strumberger, I., Tuba, I., Bacanin, N., & Tuba, M. (2018). Water Cycle Algorithm for Solving Continuous P-Median Problem. In *2018 IEEE 12th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*. (pp. 351-354). (Timisoara, Romania)
29. Strumberger, I., **Tuba, E.**, Bacanin, N., Beko, M., & Tuba, M. (2018). Hybridized moth search algorithm for constrained optimization problems. In *IEEE International Young Engineers Forum (YEF-ECE)*, (pp. 1-5). (Lisbon, Portugal)
30. **Tuba, E.**, Capor-Hrosik, R., Alihodzic, A., Jovanovic, R., & Tuba, M. (2018). Chaotic elephant herding optimization algorithm. In *IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, (pp. 213-216). (Herlany, Slovakia)
31. Alihodzic, A., **Tuba, E.**, Capor-Hrosik, R., Dolicanin, E., & Tuba, M. (2017). Unmanned aerial vehicle path planning problem by adjusted elephant herding optimization. In *IEEE 25th Telecommunication Forum (TELFOR)*, (pp.1-4). (Belgrade, Serbia)
32. **Tuba, E.**, Alihodzic, A., & Tuba, M. (2017). Multilevel image thresholding using elephant herding optimization algorithm. In *14th IEEE International Conference on Engineering of Modern Electric Systems*, (pp. 240-243). (Oradea, Romania)

33. Tuba, E., & Stanimirovic, Z. (2017). Elephant herding optimization algorithm for support vector machine parameters tuning. In *2017 9th IEEE International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, (pp. 1-4). (Targoviste, Romania)
34. Tuba, E., Tuba, M., & Beko, M. (2017). Mobile wireless sensor networks coverage maximization by firefly algorithm. In *27th IEEE International Conference Radioelektronika*, (pp. 1-5). (Prague, Czech Republic)
35. Lukic, M., Tuba, E., & Tuba, M. (2017). Leaf recognition algorithm using support vector machine with Hu moments and local binary patterns. In *IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)*, (pp. 485-490). (Herlany, Slovakia)
36. Tuba, E., Mrkela, L., & Tuba, M. (2016). Support vector machine parameter tuning using firefly algorithm. In *IEEE 26th International Conference Radioelektronika*, (pp. 413-418). (Kosice, Slovakia)
37. Tuba, I., Tuba, E., & Beko, M. (2016). Digital image forgery detection based on shadow texture features. In *24th IEEE Telecommunications Forum (TELFOR)*, (pp. 1-4). (Belgrade, Serbia)
38. Tuba, E., & Bacanin, N. (2015). An algorithm for handwritten digit recognition using projection histograms and SVM classifier. In *23rd IEEE Telecommunications Forum (TELFOR)*, (pp. 464-467). (Belgrade, Serbia)
39. Tuba, E., Capor Hrosik, R., Aihodzic, A., Beko, M., Jovanovic, R. (2017). Moth Search Algorithm for Bound Constrained Optimization Problems, *5th International Conference Modelling and Development of Intelligent Systems (MDIS 2017)* (pp. 82-89). (Sibiu, Romania)

Докторска дисертација кандидата Еве Туба је урађена на укупно 158 страна, од чега 12 страна чини списак литературе. Списак литературе обухвата 113 референци које чине научни радови, књиге, зборници радова, као и електронски извори. Уз основни текст дисертација садржи и 47 слика и 21 табелу.

Докторска дисертација кандидата Ева Туба је била подвргнута провери софтвером за установљивање преклапања/плагијаризма (iThenticate Plagiarism Detection Software). Укупан проценат укупног износа запажених преклапања износи 2% дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Медицина је једна од наука којој је омогућен значајан напредак појавом дигиталних слика. Рачунарска обрада дигиталних медицинских слика може драстично убрзати процес дијагностике при томе откривајући и најситније промене на ткивима које нису видљиве људском оку. Обрада медицинских слика укључује слике добијене из различитих извора: рендген, разни скенери, ултразвук, магнетна резонанца, итд. Сталан напредак у медицинској технологији снимања довео је до слика високих резолуција, тродимензионалних анатомских и физиолошких слика, а тиме је уједно и омогућио све веће напретке у дијагностици и интервенцији. Са друге стране, ови напреси доносе и нове изазове и могућности за истраживачки рад. Напредак у пост-обри, посебно у аутоматизованој регистрацији, сегментацији, класификацији, компресији и рендеровању је неопходан. Многи проблеми који се појављују приликом обраде ових слика

представљају тешке оптимизационе проблеме за чије се решавање у последње две деценије успешно користе алгоритми инспирисани природом, посебно алгоритми интелигенције ројева. Да би се ови алгоритми применили у обради медицинских дигиталних слика, неопходно је да се посебно прилагоде посматраном проблему. Ова тема представља актуелну област истраживања што се може закључити на основу великог броја научних и стручних часописа, конференција, књига, радова који су јој посвећени. Предмет истраживања ове дисертације су тешки оптимизациони проблеми који се појављују при обради и анализи медицинских дигиталних слика и њихово решавање алгоритмима интелигенције ројева.

Циљ истраживања је унапређење резултата постојећих метода из литературе прилагођавањем алгоритма интелигенције ројева за сваки од разматраних проблема као што су регистрација, сегментација, компресија и детекције абнормалних промена на дигиталним медицинским сликама добијеним са различитих извора.

3. Хипотетички оквир истраживања

На основу циљева рада произилази следећи хипотетички оквир који се састоји од генералне хипотезе и посебних хипотеза.

Генерална хипотеза дисертације је да су проблеми оптимизација који се појављују приликом анализе и обраде медицинских дигиталних слика актуелни и мултидисциплинарни проблеми којима се придаје велики значај. За решавање оваквих проблема је могуће пронаћи боље методе и технике решавања, а посебно прилагодити алгоритме интелигенције ројева.

Као посебне хипотезе се могу издвојити следеће:

- Неки од проблема анализирања и обраде медицинских дигиталних слика спадају у групу тешких оптимизационих проблема (НП-тешки), дискретне или непрекидне глобалне оптимизације, са или без ограничења;
- Алгоритми интелигенције ројева погодни су за решавање проблема ове врсте;
- Потенцијал метахеуристика интелигенције ројева је недовољно испитан за решавање проблема овог типа;
- Алгоритми интелигенције ројева могу квалитетније и ефикасније, у поређењу са другим коришћеним методама, решавати проблеме оптимизације (као што су регистрација или сегментација) при обради и анализи медицинских дигиталних слика.

4. Методологија истраживања

Приликом израде докторске дисертације, примењене су различите научне методе које омогућују валидно остварење научног циља истраживања. За анализу прикупљених резултата примене метода, техника и метахеуристика за решавање проблема анализе и

обrade медицинских дигиталних слика коришћена је метода квантитативне анализе. У овој дисертацији користиле су се методе квалитативне анализе и анализе садржаја за анализирање квалитета прикупљених резултата. Прикупљени подаци су груписани методом синтезе. Поређење добијених резултата оптимизације је урађено помоћу познатих статистичких метода као што су анализа најбољег решења, просечних решења, броја позива функције и стандардне девијације.

5. Кратак приказ садржаја докторске дисертације

Рад се састоји из увода, закључка, списка литературе и 7 поглавља.

Након увода, у другом поглављу описан је процес дигитализације, предности дигиталних система са посебним акцентом на дигиталним сликама и њиховој примени у различитим научним областима. Приказан је начин записа дигиталне слике и модели боја који се користе у рачунарству.

У трећем поглављу је дат преглед медицинских дигиталних слика. Прво су описани начини добијања слика из различитих извора, а затим су дати примери примене и потребе за сваком од њих.

Четврто поглавље је посвећено алгоритмима обраде дигиталних слика. Прво су описани различити домени слика у којима се може вршити обрада. Након тога су описани неки од алгоритама за манипулацију осветљењем, сегментацију и компресију.

У петом поглављу су дефинисани проблем оптимизације и класе оптимизационих проблема. Описани су тешки оптимизациони проблеми и изазови који се појављују приликом решавања истих.

У шестом поглављу су дата објашњења појмова хеуристике и метахеуристике и неки од покушаја класификације истих. Даље су приказане теоријске основе и концепти метахеуристика.

У седмом поглављу су описани оптимизациони алгоритми инспирисани природом. Главни део овог поглавља су описи алгоритама интелигенције ројева који су коришћени у истраживањима приказаним у осмом поглављу.

У осмом поглављу су изложени главни резултати ове дисертације. Разматрано је шест различитих проблема оптимизације у домену обраде медицинских дигиталних слика: регистрација слика ретине, сегментација МРИ слика мозга, компресија медицинских слика, детекција крварења дигестивног тракта на сликама добијених од ендоскопске капсуле, класификација леукоцита са микроскопских слика у циљу детекције леукемије и детекција лезија на ЦТ сликама плућа. За сваки од проблема је прилагођен или модификован неки од алгоритама интелигенције ројева. Све предложене методе су детаљно описане и приказане заједно са базама слика које су коришћене. Након експерименталних резултата који укључују и компаративну анализу са другим методама

из литературе, дата је дискусија о постигнутим резултатима и потенцијалним будућим истраживањима.

6. Постигнути резултати и научни допринос докторске дисертације

Научни допринос предложене дисертације је унапређење и прилагођавање имплементација алгоритама ројева за обраду и анализу медицинских дигиталних слика. Разматрано је шест различитих проблема оптимизације у домену обраде медицинских дигиталних слика: регистрација слика ретине, сегментација МРИ слика мозга, компресија медицинских слика, детекција крварења дигестивног тракта на сликама добијених од ендоскопске капсуле, класификација леукоцита са микроскопских слика у циљу детекције леукемије и детекција лезија на ЦТ сликама плућа. За сваки од проблема је прилагођен или модификован неки од алгоритама интелигенције ројева. Све предложене технике дале су резултате боље од оних познатих у литератури. Део резултата до којих је кандидат дошао током рада на дисертацији прихваћени су од међународне научне заједнице и објављени су у следећим радовима:

1. Tuba, E., Tuba, M., & Dolicanin, E. (2017). Adjusted fireworks algorithm applied to retinal image registration. *Studies in Informatics and Control*, 26(1), 33-42. (M23)
2. Tuba, E., Jovanovic, R., Beko, M., Tallon-Ballesteros, A. J., & Tuba, M. (2018). Bare Bones Fireworks Algorithm for Medical Image Compression. *19th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, accepted, will be published in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer.
3. Tuba, E., Tuba, M., & Simian, D. (2017). Support Vector Machine Optimized by Firefly Algorithm for Emphysema Classification in Lung Tissue CT Images, *25th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Computer Science Research Notes* 2702, 159-166.
4. Tuba, E., Tuba, M., & Jovanovic, R. (2017). An algorithm for automated segmentation for bleeding detection in endoscopic images. In *IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 2017* (pp. 4579-4586). (Anchorage, Alaska)
5. Tuba, E., Strumberger, I., Bacanin, N., Zivkovic, D. & Tuba, M. (2019). Acute Lymphoblastic Leukemia Cell Detection in Microscopic Digital Images Based on Shape and Texture Features. In *10th International Conference on Swarm Intelligence (ICSI'2019)*, (pp. 1-8). (Chiang Mai, Thailand)
6. Tuba, E., Capor-Hrosik, R., Zivkovic, D. & Tuba, M. (2019). Multilevel Thresholding for Segmentation of Brain Magnetic Resonance Images Using Bat Algorithm, submitted to *Studies in Informatics and Control* (M23)

7. Мишљење и предлог Комисије о докторској дисертацији

На основу свега изложеног Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидата кандидата Еве Туба по својој теми, приступу, структури и садржају рада, квалитету и начину излагања, методологији истраживања, начину коришћења литературе, релевантности и квалитету спроведеног истраживања и донетим закључцима задовољава критеријуме захтеване за докторску дисертацију, те се може прихватити као подобна за јавну одбрану.

Сагледавајући укупну оцену докторске дисертације кандидата Еве Туба, под називом **“Унапређење процесирања медицинских дигиталних слика помоћу алгоритма интелигенције ројева”** предлажемо Већу департмана за последипломске студије и Сенату Универзитета Сингидунум да прихвати напред наведену докторску дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

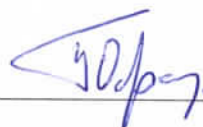
Београд, 05/03/2019

Чланови комисије:

проф. др Дејан Живковић
Универзитет Сингидунум



проф. др Ђорђе Обрадовић
Универзитет Сингидунум



проф. др Бошко Николић
Електротехн. фак. Универзитета у Београду

